

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-4	Способен применять методы вычислительной математики, компьютерного моделирования и оптимизации для организации вычислительных процессов.	ПК-4.1	Осуществляет формализацию прикладной задачи и выбирает методы вычислительной математики для ее решения.	<i>Знать:</i> основные классы прикладных задач, для решения которых используются методы вычислительной математики. <i>Уметь:</i> выбрать вычислительный алгоритм для решения различных классов прикладных граничных задач. <i>Владеть:</i> навыками формализации прикладных граничных задач.
ПК-5	Способен осуществлять анализ и выбор современных технологий реализации отдельных функций вычислительных систем и сервисов информационных технологий, применяемых для их создания.	ПК-5.1	Реализует численные методы решения прикладных задач в профессиональной сфере.	<i>Знать:</i> основные численные методы решения прикладных граничных задач. <i>Уметь:</i> применять на практике методы и алгоритмы решения прикладных граничных задач. <i>Владеть:</i> навыками решения практических задач в профессиональной сфере.
ПК-6	Способен разрабатывать прототипы ИС на базе типовой ИС	ПК-6.1	Проводит анализ результатов тестирования.	<i>Знать:</i> методы тестирования вычислительных алгоритмов, предназначенных для решения прикладных граничных задач. <i>Уметь:</i> применять на практике подготовку тестовых данных. <i>Владеть:</i> проведением тестовых процедур для вычислительных алгоритмов.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — 7 семестр 2/72;

Форма промежуточной аттестации

8 семестр – зачет

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ семестра	№ семестра	...
Аудиторные занятия		8		
в том числе:	лекции	16	16	
	практические	0	0	
	лабораторные	16	16	
Самостоятельная работа	40	40		
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации				
Зачет	0	0		
Итого:	72	72		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Методы приведения краевой задачи к задаче Коши	Метод дифференциальной прогонки. Метод пристрелки: классическая пристрелка, параллельная пристрелка, встречная пристрелка.	Шабунина З.А. Численные методы решения прикладных краевых задач / З.А.Шабунина — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: https://edu.moodle.ru.
1.2	Метод дифференцирования по параметру	Применение метода дифференцирования по параметру к дифференциальным уравнениям и системам дифференциальных уравнений.	
1.3	Метод инвариантного погружения	Понятие инвариантного погружения. Решение задачи для проточного химического реактора. Решение задачи для пластины теплового радиатора.	
1.4	Метод интегральных уравнений	Линейные граничные задачи. Нелинейные граничные задачи.	
2. Лабораторные работы			
2.1	Методы приведения краевой задачи к задаче Коши	Метод дифференциальной прогонки. Метод пристрелки: классическая пристрелка, параллельная пристрелка, встречная пристрелка.	Шабунина З.А. Численные методы решения прикладных краевых задач / З.А.Шабунина — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: https://edu.moodle.ru.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Методы приведения краевой задачи к задаче Коши	10	0	16	10	36
2	Метод дифференцирования по параметру	2	0	0	10	10
3	Метод инвариантного погружения	2	0	0	10	14
4	Метод интегральных уравнений	2	0	0	10	12
	Итого:	16	0	16	40	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для успешного освоения дисциплины «Вычислительные алгоритмы решения прикладных граничных задач» студент должен **регулярно** работать с конспектами лекций и предложенной лектором литературой, активно работать на лабораторных занятиях, выполнять домашние задания, своевременно выполнять лабораторные задания, посещать консультации в случае возникновения вопросов и затруднений. При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения студент обязан выполнять все указания преподавателей по работе на

LMS-платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Бахвалов Н. С. Численные методы / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 636 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=222833
2	Демидович Б. П. Основы вычислительной математики: учеб. пособие / Б. П. Демидович, И. А. Марон. – Москва: Лань, 2011. – 664 с. Режим доступа: https://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2025
3	Амосов А. А. Вычислительные методы / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова. – Москва: Лань, 2014. – 672 с. Режим доступа: https://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=42190

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Вержбицкий В. М. Основы численных методов: учебник для студ. вузов / В. М. Вержбицкий. – Москва: Высш. шк., 2002. – 847 с.
2	Метод дифференциальной прогонки решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений: учеб.-метод. пособие / В. В. Корзунина, З. А. Шабунина, Д. В. Шаруда. – Воронеж: ЛОП ВГУ, 2006. – 27 с.
3	На Ц. Вычислительные методы решения прикладных граничных задач / Ц. На. – Москва: Мир, 1982. – 294 с.
4	Ортега Дж. Введение в численные методы решения дифференциальных уравнений / Дж. Ортега. — Москва: Наука, 1986. — 288 с.
8	Численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений методами типа Рунге-Кутты: метод. указания по курсу «Численные методы». Ч. 1 / сост. В. В. Корзунина, З. А. Шабунина. – Воронеж, 2002. – 53 с.
9	Численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений методами типа Рунге-Кутты: метод. указания по курсу «Численные методы». Ч. 2. Индивидуальные задания / сост. В. В. Корзунина, З. А. Шабунина. — Воронеж, 2005. — 31 с.
10	Лабораторный практикум по численным методам. Метод пристрелки: учебно-методическое пособие / сост. В.В.Корзунина, З.А.Шабунина. – Воронеж, 2019. – 26 с.
11	Лабораторный практикум по численным методам. Метод пристрелки. Часть 2. Индивидуальные задания: учебно-методическое пособие / сост. В.В.Корзунина, З.А.Шабунина. – Воронеж, 2021. – 31 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
1.	www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека ВГУ
2.	Волков Е. А. Численные методы: учеб. пособие / Е. А. Волков. – Москва: Лань, 2008. – 256 с. Режим доступа: https://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=54
3.	Лабораторный практикум по численным методам. Метод пристрелки: учебно-методическое пособие / сост. В.В.Корзунина, З.А.Шабунина. – Воронеж, 2019. – 26 с. Режим доступа: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m19-243.pdf
4.	Лабораторный практикум по численным методам. Метод пристрелки. Часть 2. Индивидуальные задания: учебно-методическое пособие / сост. В.В.Корзунина, З.А.Шабунина. – Воронеж, 2021. – 31 с. Режим доступа: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m19-243.pdf
5.	Шабунина З.А. Численные методы решения прикладных краевых задач / З.А.Шабунина – Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». Режим доступа: https://edu.moodle.ru.

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений методами типа Рунге-Кутты: метод. указания по курсу «Численные методы». Ч. 1 / сост. В. В. Корзунина, З. А. Шабунина. – Воронеж, 2002. – 53 с.
2	Численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений методами типа Рунге-Кутты: метод. указания по курсу «Численные методы». Ч. 2. Индивидуальные задания / сост. В. В. Корзунина, З. А. Шабунина. – Воронеж, 2005. – 31 с.
3	Метод дифференциальной прогонки решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений: учеб.-метод. пособие / сост. В. В. Корзунина, З. А. Шабунина, Д. В. Шаруда. – Воронеж: ЛОП ВГУ, 2006. – 27 с.
4	Лабораторный практикум по численным методам. Метод пристрелки: учебно-методическое пособие / сост. В.В.Корзунина, З.А.Шабунина. – Воронеж, 2019. – 26 с.
5	Лабораторный практикум по численным методам. Метод пристрелки. Часть 2. Индивидуальные задания: учебно-методическое пособие / сост. В.В.Корзунина, З.А.Шабунина. – Воронеж, 2021. – 31 с.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

При реализации учебной дисциплины используются информационные электронно-образовательные ресурсы www.liv.vsu.ru и <https://e.lanbook.com>.

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Для организации занятий рекомендован онлайн-курс «Численные методы решения прикладных краевых задач», размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Мебель и оборудование	Программное обеспечение
Лекции	
Специализированная мебель, компьютер (ноутбук), мультимедийное оборудование (проектор, экран, средства звуковоспроизведения).	Windows 10 (лицензионное ПО); Adobe Reader (свободное и/или бесплатное ПО; Mozilla Firefox (свободное и/или бесплатное ПО)
Практические занятия	
Специализированная мебель, компьютер (ноутбук), мультимедийное оборудование (проектор, экран, средства звуковоспроизведения).	Windows 10 (лицензионное ПО); Adobe Reader (свободное и/или бесплатное ПО; Mozilla Firefox (свободное и/или бесплатное ПО)

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенции	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Методы приведения краевой задачи к задаче Коши	ПК-4, ПК-5, ПК-6	ПК-4.1, ПК-5.1, ПК-6.1	Практико-ориентированные задания. Контрольная работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенции	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
2	Метод дифференцирования по параметру	ПК-4, ПК-5	ПК-4.1, ПК-5.1	Практико-ориентированные задания.
3	Метод инвариантного погружения	ПК-4, ПК-5	ПК-4.1, ПК-5.1	Практико-ориентированные задания
4	Метод интегральных уравнений	ПК-4, ПК-5	ПК-4.1, ПК-5.1	Практико-ориентированные задания
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Перечень вопросов Практическое задание

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: устного опроса, контрольных работ, выполнения практико-ориентированных заданий, лабораторных работ. Критерии оценивания приведены ниже.

для контрольной работы:

Отлично	отличное решение задач
Хорошо	решение задач не ниже хорошего уровня
Удовлетворительно	удовлетворительное решение задач
Неудовлетворительно	неудовлетворительное решение задач

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и/или практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и(или) навыков.

При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены ниже.

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом курса численных методов;
- 2) умение связывать теорию с решением практических задач;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами и необходимыми математическими выкладками;
- 4) умение применять теоретические знания к разработке алгоритмов.

Критерии оценивания	Шкала оценок
---------------------	--------------

Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач с использованием численных методов. План лабораторных работ выполнен полностью	<i>Отлично</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. План лабораторных работ выполнен полностью	<i>Хорошо</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум(трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Демонстрирует частичные знания теории или допускает существенные ошибки в математических выкладках. В выполненных лабораторных работах содержатся ошибки.	<i>Удовлетворительно</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки. Им не выполнен план практических и лабораторных занятий	<i>Неудовлетворительно</i>

20.3 Типовые контрольные задания и иные материалы

Пример задания для зачета с оценкой

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Метод встречной пристрелки для решения краевой задачи

$y'' = f(x, y, y')$, $y(a) = A$, $y(b) = B$, $x \in [a, b]$ с использованием метода Ньютона для решения получаемого нелинейного уравнения.

2. Метод дифференциальной прогонки для краевой задачи

$$(p(x)y')' - q(x)y = f(x)$$

$$\alpha_1 y'(a) - \beta_1 y(a) = r_1$$

$$\alpha_2 y'(b) + \beta_2 y(b) = r_2$$

в случае, когда $\alpha_1 \neq 0$, $\alpha_2 = 0$.

Пример заданий для лабораторной работы

Тема: Метод дифференциальной прогонки. Метод пристрелки: классическая пристрелка, параллельная пристрелка, встречная пристрелка.

Задание 1. (Остальные задания см. в: *Метод дифференциальной прогонки решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений: учеб.-метод. пособие / сост. В. В. Корзунина, З. А. Шабунина, Д. В. Шаруда. – Воронеж : ЛОП ВГУ, 2006. – 27 с.*) Решение краевой задачи для линейного самосопряженного уравнения второго порядка методом дифференциальной прогонки.

Назначение.

Интегрирование на заданной сетке узлов уравнения (4.1) с линейными краевыми условиями без оценки точности.

Описание параметров.

- data** - имя файла исходных данных;
- p, q, f** - имена процедур-функций с одним параметром, которые должны быть описаны в основной программе (функции $p(x)$, $q(x)$, $f(x)$ вычисляют значения коэффициентов уравнения (4.1));
- rez** - имя файла выходных данных;

- Icod** - код завершения программы, выходная переменная, принимающая следующие значения:
- Icod=0 – нет ошибок, решение получено;
 - Icod=1 – решение не получено, задача имеет бесконечно много решений;
 - Icod=2 – решение не получено, задача не имеет решения.

Замечание о структуре файла исходных данных.

1. Первая строка – значения коэффициентов граничных условий.
2. Вторая строка – значения левого и правого концов отрезка интегрирования, количество точек в заданной сетке узлов.
3. Строки с третьей и далее – номер узла, значение аргумента x в узле.

Замечание о структуре выходного файла.

Первая и последующие строки содержат номер точки, ее x - координату, значение вычисленного решения в этой точке.

Метод.

Метод получения решения (способ 1, способ 3) описан в п.2.2. Предполагается, что все численно решаемые в рамках этого задания задачи Коши интегрируются на сетках, совпадающих с заданной входной сеткой узлов. Никакого анализа точности полученных результатов не предполагается.

Замечание по программированию. Целесообразно написать подпрограмму, являющуюся интегратором задачи Коши для системы двух уравнений первого порядка на заданной сетке узлов.

Варианты Задания 1.

Вариант	Граничное условие (п.4.1)	Порядок метода Рунге-Кутта	Метод Рунге-Кутта /4/	Способ решения (п.2.2)	Направление переноса граничного условия
1	(4.3)	2	(20)	Способ 1	→
2	(4.3)	3	(30)	Способ 1	→
3	(4.3)	4	(32)	Способ 1	←
4	(4.4)	2	(22)	Способ 1	←
5	(4.4)	3	(31)	Способ 1	←
6	(4.4)	4	(33)	Способ 1	→
7	(4.5)	2	(23)	Способ 1	→
8	(4.5)	3	(31)	Способ 1	→
9	(4.5)	4	(34)	Способ 1	→
10	(4.5)	2	(20)	Способ 1	←
11	(4.5)	3	(30)	Способ 1	←
12	(4.5)	4	(32)	Способ 1	←
13	(4.3)	2	(20)	Способ 3	→ ←
14	(4.3)	3	(30)	Способ 3	→ ←
15	(4.3)	4	(32)	Способ 3	→ ←
16	(4.4)	2	(22)	Способ 3	→ ←
17	(4.4)	3	(31)	Способ 3	→ ←
18	(4.4)	4	(34)	Способ 3	→ ←
19	(4.5)	2	(23)	Способ 3	→ ←
20	(4.5)	3	(31)	Способ 3	→ ←
21	(4.5)	4	(34)	Способ 3	→ ←
22	(4.3)	5	(127)	Способ 1	→
23	(4.4)	5	(127)	Способ 1	←
24	(4.5)	5	(127)	Способ 1	→

25	(4.3)	5	(127)	Способ 3	→ ←
26	(4.4)	5	(127)	Способ 3	→ ←
27	(4.5)	5	(127)	Способ 3	→ ←